

KONINKRIJK BELGIE



MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

## UITVINDINGSOCTROOI

PUBLICATIENUMMER : 1011205A3  
 INDIENINGSNUMMER : 09700502  
 Internat. klassif. : A61C A61B  
 Datum van verlening : 01 Juni 1999

De Minister van Economische Zaken,

Gelet op de wet van 28 Maart 1984 op de uitvindingsoctrooien  
 inzonderheid artikel 22;  
 Gelet op het Koninklijk Besluit van 2 December 1986, betreffende het aanvragen,  
 verlenen en in stand houden van uitvindingsoctrooien, inzonderheid artikel 28;  
 Gelet op het proces-verbaal opgesteld door de Dienst voor Industriële Eigendom op  
 11 Juni 1997 te 14u00

## BESLUIT :

ARTIKEL 1.- Er wordt toegekend aan : MATERIALISE naamloze vennootschap  
 Jan Vander Vorstlaan 19, B-3040 HULDENBERG (LOON3EEK)(BELGIË)

vertegenwoordigd door : DONNE Eddy, BUREAU M.F.J. BOCKSTAEL, Arenbergstraat, 13 - B  
 2000 ANTWERPEN.

een uitvindingsoctrooi voor de duur van 20 jaar, onder voorbehoud van de betaling van  
 de jaartaksen voor : WERKWIJZE VOOR HET VERVAARDIGEN VAN MINSTENS EEN GEDEELTE VAN  
 EEN NIEUW TANDTECHNISCH VOORWERF.

ARTIKEL 2.- Dit octrooi is toegekend zonder voorafgaand onderzoek van zijn  
 octrooieerbaarheid, zonder waarborg voor zijn waarde of van de juistheid van  
 de beschrijving der uitvinding en op eigen risico van de aanvrager(s).

Brussel 01 Juni 1999  
 BIJ SPECIALE MACHTIGING :

ADVISEUR

Werkwijze voor het vervaardigen van minstens een gedeelte van een nieuw tandtechnisch voorwerp.

---

Deze uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het vervaardigen van minstens een gedeelte van een nieuw tandtechnisch voorwerp uitgaande van informatie over de patiënt, waarbij deze informatie in digitale vorm gebracht wordt, waarna daaruit het voorwerp computergestuurd wordt vervaardigd.

Met tandtechnische voorwerpen worden voorwerpen bedoeld die door een tandarts in de mond van een patiënt worden ingebracht, zoals opbeetplaten, beschermplaten, voorlopige of definitieve bruggen, kronen, suprastructuren en implantaten; of apparaten die bijvoorbeeld door de tandarts of tandchirurg gebruikt worden, zoals positioneer- en boormallen of richtplaten; of nog hulpmiddelen zoals individuele lepels en beetplaten.

Werkwijzen van voornoemde soort worden reeds gebruikt om bepaalde van voornoemde tandtechnische voorwerpen, namelijk kronen, bruggen en prothesen, te vervaardigen.

Door de tandarts worden, met een lepel in de mond van de patiënt, afdrukken, zogenaamde beten, gemaakt van de bovenkaak en de onderkaak. Van deze afdrukken worden door een dentaal labo afgietingen in plaaster vervaardigd.

Eventueel wordt een derde afdruk, namelijk een beetplaatje in was, gemaakt dat tussen de tanden geklemd wordt om de relatieve positie van de onder- en bovenkaak ten opzichte van elkaar te kennen.

Met behulp van deze derde afdruk worden de twee afgietingen gepositioneerd in een articulador die de beweging van de onderkaak en de bovenkaak mechanisch simuleert.

Met de huidige stand van de techniek wordt deze startinformatie wordt door optische en/of mechanische technieken omgezet in digitale informatie zoals beschreven in US-A-5.266.030, US-A-5.372.502, US-A-5.452.219, US-A-5.320.462 en US-A-5.342.201.

Deze digitale informatie, meestal een wolk van meetpunten, wordt vervolgens bijvoorbeeld door middel van een CAD-systeem omgezet naar een wiskundige beschrijving van oppervlakken van hogere orde.

Op basis daarvan wordt het nieuwe voorwerp dan vervaardigd door een verspanende bewerking, poedermetallurgie of vonkerosie.

Het omzetten in digitale vorm door optische en/of mechanische meetsystemen bezit grote beperkingen. Bepaalde ondersnijdingen zijn niet te meten, zelfs niet met complexe meerassige positioneersystemen voor de meetkop en de afgieting.

Deze meetsystemen moeten zich dikwijls beperken tot het afzonderlijk meten van tanden waardoor uitgebreid voorbereidend werk op de afgieting noodzakelijk is. Elke tand of tandstomp moet immers losgemaakt kunnen worden uit het geheel. Het afzonderlijk opmeten maakt het vervaardigen van bruggen of structuren over verschillende tanden moeilijk omdat daarvoor ook informatie over de onderlinge positie van de tanden nodig is.

Dikwijls is een beschermende coating nodig.

Voornoemde omzetting van de digitale informatie naar een wiskundige beschrijving is reken- en arbeidsintensief. Daarenboven wordt een wiskundige benadering gemaakt waardoor soms storende fouten worden geïntroduceerd. Dergelijke fouten zijn van belang omdat in sommige dentale toepassingen nauwkeurigheden van een paar micron worden gevraagd om klinische problemen bij de patiënt te vermijden.

Deze uitvinding heeft een werkwijze voor het vervaardigen van nieuwe tandtechnische voorwerpen als doel die voornoemde en andere nadelen vermijdt en toelaat op een zeer eenvoudige en nauwkeurige manier de nieuwe voorwerpen te vervaardigen.

Dit doel wordt volgens de uitvinding bereikt doordat de omzetting van de informatie van de patiënt in digitale vorm of digitalisatie minstens uitgevoerd wordt met behulp van minstens één CT-scan die genomen wordt van één of meer van volgende elementen: een stuk uit de mond van de patiënt, zoals een tand of een oude prothese, een originele afdruk of beet van de patiënt, en een daarvan afgeleid en dus bestaand tandtechnisch voorwerp, waarbij deze digitale informatie door een gegevensverwerking verwerkt wordt tot een computermodel en de productie van het nieuwe tandtechnische voorwerp of een gedeelte ervan uitgaande van dit computermodel uitgevoerd wordt met behulp van een prototypevervaardigingstechniek (rapid prototyping techniek).

Een snellere productie en hogere kwaliteit van het nieuwe voorwerp zijn mogelijk.

Als reeds bestaand tandtechnisch voorwerp waarvan een CT-scan gemaakt wordt, kan een afgieting of een product zoals een proefopstelling die reeds door het dentaal labo op basis van dergelijke afgieting werd vervaardigd, worden genomen.

Een bijkomend voordeel wordt verkregen door het in digitale vorm brengen niet uitsluitend op basis van minstens één CT-scan van een afdruk of een beet of een bestaand tandtechnisch voorwerp uit te voeren, maar minstens ook op basis van een CT-scan van de patiënt.

Op deze manier wordt een meer volledige digitale informatie verkregen die vooral van belang voor de nauwkeurigheid is, bijvoorbeeld bij het vervaardigen van boormallen om implantaten veilig te plaatsen.

In sommige gevallen kan door het gebruik van de informatie van een medische CT-scanner het vervaardigen van een beetplaat worden vermeden zoals verder in verband met een software articulator zal uiteengezet worden.

Voor genoemde werkwijze kan doelmatig worden toegepast voor het vervaardigen van suprastructuren, bruggen en kronen, boormallen, opbeetplaten, basisplaten voor losse prothesen, voorlopige bruggen, individuele lepels, beetplaten en implantaten.

Met het inzicht de kenmerken van de uitvinding beter aan te tonen, zijn hierna enkele voorkeurdragende uitvoeringsvormen van een werkwijze voor het vervaardigen van minstens een gedeelte van een nieuw tandtechnisch voorwerp en van toepassingen van deze werkwijze, volgens de uitvinding,

beschreven met verwijzing naar de hieraan toegevoegde tekeningen, waarin:

- figuur 1 een blokschema weergeeft van een werkwijze volgens de uitvinding;
- figuur 2 een achteraanzicht weergeeft van een suprastructuur vervaardigd volgens deze werkwijze;
- figuur 3 een doorsnede weergeeft volgens de lijn III-III in figuur 2;
- figuur 4 een achteraanzicht weergeeft analoog aan dit van figuur 2, maar met betrekking tot een andere uitvoeringsvorm van de suprastructuur;
- figuur 5 een doorsnede weergeeft van een tandkroon vervaardigd volgens de uitvinding;
- figuur 6 schematisch een boormal weergeeft, vervaardigd met de werkwijze volgens de uitvinding;
- figuur 7 schematisch een alternatieve uitvoeringsvorm van de boormal van figuur 6 weergeeft;
- figuur 8 schematisch een doorsnede weergeeft van een volgens de uitvinding op maat vervaardigd implantaat;
- figuur 9 schematisch een implantaat met tandwortelvorm weergeeft.

Het vervaardigen van een nieuw tandtechnisch voorwerp of een gedeelte ervan volgens de uitvinding geschiedt in hoofdzaak in drie stappen namelijk de digitalisatie 1 of het omvormen van informatie van de patiënt 2 in digitale informatie, de gegevensverwerking 3 die het verwerken omvat van deze digitale informatie tot een computermodel en tenslotte de productie 4 van het nieuwe tandtechnisch voorwerp 5 op basis van dit computermodel.

De digitalisatie 1 gebeurt in de eerste plaats op basis van een CT-scan 6 van een bestaand tandtechnisch voorwerp, afgeleid uit een afdruk of een beet van de patiënt.

De CT-scan 6 wordt vervaardigd uitgaande van één of meer van volgende elementen: een stuk 7 uit de mond van de patiënt 2 zoals een getrokken tand, een afdruk 8 of beet van het gebit van de patiënt 2, die door de tandarts kan worden gemaakt, en daarvan afgeleide en dus bestaande tandtechnische voorwerpen zoals de plaasteren afgietingen 9 die van deze afdrukken 8 worden vervaardigd en producten 10 die reeds door het dentale labo werden vervaardigd, zoals bijvoorbeeld proefopstellingen van suprastructuren die op de patiënt 2 gepast zijn of voorlopige suprastructuren en prothesen.

Via de CT-scan 6 kunnen deze elementen gemakkelijk gedigitaliseerd worden. De verschillende componenten, waaruit het volume van de producten samengesteld is, kunnen worden onderscheiden, hetgeen voor bepaalde toepassingen interessant is.

CT-scanners zijn op zich bekend en werden reeds gebruikt voor het wetenschappelijk onderzoek van tanden. Met een CT-scanner kan alle interne en externe geometrie van de stukken 7, de afdrukken 8, de afgietingen 9 of de producten 10 opgemeten worden. Ondersnijdingen die bij optische en mechanische scanners problemen opleveren, spelen hier geen rol. De onderdelen kunnen eenvoudig gepositioneerd worden in het scanvolume. Bovendien kan de data-captatie sneller verlopen dan met de andere systemen.

Een bijkomend uniek voordeel kan worden verkregen door de CT-beelden van een bestaand tandtechnisch voorwerp te combineren met beelden van een medische CT-scanner 11.

De medische CT-scanbeelden van de patiënt leveren informatie over de positionering van onder- en bovenkaak. Ze geven ook informatie over de kwaliteit van de kaakbeenderen en de positie van de interne delen zoals de tandwortels, sinusholtes en het zenuwkanaal in de mandibula.

Door de informatie van de medische CT-scanbeelden van de patiënt te combineren met de CT-scanbeelden van een bestaand tandtechnisch voorwerp, wordt een volledige digitale informatie verkregen die voldoende gedetailleerd is om de design en aanmaak van de nieuwe tandtechnische voorwerpen mogelijk te maken. De informatie over het tandoppervlak in een medische CT-scan 11 is te ruw en dikwijls te gestoord om bruikbaar te zijn als basisinformatie voor het vervaardigen van dergelijke voorwerpen.

De medische CT-beelden van de patiënt en de CT-scanbeelden van het bestaande tandtechnisch voorwerp worden geregistreerd door gebruik te maken van algoritmen uit de beeldverwerking. In deze algoritmen wordt eerst een afstandsfunctie opgesteld die de afstand of het verschil tussen twee objecten quantificeert. Deze afstand wordt gemeten tussen artificieel toegevoegde markeerpunten of tussen natuurlijk teels aanwezige markeerpunten of tussen natuurlijk reeds aanwezige oppervlakken.

Vervolgens wordt de transformatie tussen de objecten berekend die deze afstandsfunctie minimaliseert.



De beelden kunnen dus ook geregistreerd worden vooraleer ze gesegmenteerd zijn.

De vorm van de afstandsfunctie verschilt naargelang de registratie van beeld tot beeld is, van beeld tot oppervlak of van oppervlak tot oppervlak.

De beelden kunnen dus niet gesegmenteerd geregistreerd worden. De oppervlakken zijn wel eerst uit de CT-scan-beelden gesegmenteerd. Bij de registratie van beeld tot oppervlak of van oppervlak tot oppervlak is het mogelijk om optisch of mechanisch gescande oppervlakken of CAD modellen in de medische beelden te registreren.

De medische CT-scan 11 van de patiënt kan bijvoorbeeld verkregen worden door de patiënt 2 met gesloten mond te scannen. Op deze manier wordt informatie verkregen die anders door een beetplaat moet worden verkregen.

Bij de registratie wordt de relatie tussen de informatie uit een CT-scan van een bestaand tandtechnisch voorwerp en de informatie uit een medische CT-scan 11 van de patiënt verkregen.

De gegevensverwerking 3 van deze digitale gegevens geschiedt op drie niveaus : beelden, getriangulariseerde oppervlakken of contouren.

Met behulp van software en via onder meer booleaanse operaties, offset oppervlakken enz. wordt de digitale informatie omgezet in een computermodel van het te vervaardigen nieuw tandtechnisch voorwerp 5.

Hierbij moet een grote hoeveelheid data verwerkt worden. De bewerkingen kunnen evenwel integraal automatisch uitgevoerd worden zonder dat de gebruiker speciale acties dient te ondernemen behalve het eventueel nemen van beslissingen in verband met de vorm van de nieuwe tandtechnische voorwerpen, in het vooruitzicht van de productie 4.

Bij deze gegevensverwerking kunnen door herkenning en wegname, vervanging of toevoeging, combinaties gemaakt worden met geometrieën uit andere systemen zoals CAD-systemen of informatie verkregen uit CT-scans van hogere resolutie.

Het is op deze manier mogelijk om een perfect gesloten volume te beschrijven, hetgeen noodzakelijk is voor bijvoorbeeld prototypevervaardigingsmethodes (rapid prototyping) voor de productie 4.

Bij deze gegevensverwerking 3 kan ook gebruik gemaakt worden van een software-articulator die, op analoge manier als een traditionele mechanische articulator, de bewegingen van de bovenkaak ten opzichte van de onderkaak kan simuleren. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de nodige parameters zoals bij de instelling van een mechanische articulator, namelijk de afstand tussen de twee condylï, de intracondulaire as, de relatie tussen de bovenkaak en de condylï enz. Voor de relatie tussen bovenkaak en de onderkaak kan gebruik gemaakt worden van beetplaten of van een medische CT-scan 11 van de patiënt 2 met gesloten mond.

Om de software-articulator in te stellen, wordt eerst de bovenkaak ten opzichte van de condylï gepositioneerd met behulp van voornoemde parameters. Daarna wordt de beetplaat ten opzichte van de bovenkaak geregistreerd en vervolgens

de onderkaak ten opzichte van de beetplaat geregistreerd. Uit deze registraties volgt dan de juiste positionering van de onderkaak ten opzichte van de bovenkaak, waarvan de bewegingsvrijheden ingesteld worden.

De bewegingen van de articulador worden gegenereerd met behulp van klassieke vergelijkingen uit de kinematica.

Bij de gegevensverwerking 3 wordt gebruik gemaakt van offset operaties die een deel van het materiaal afnemen van geselecteerde delen van het voorwerp. Dit wordt bijvoorbeeld toegepast met als doel daarna tijdens de productie 4 een deklaag in een ander materiaal aan te brengen.

Bij de gegevensverwerking 3 kan ook op geselecteerde delen gebruik gemaakt worden van bewerkingen die digitale informatie wegnemen of toevoegen, bijvoorbeeld uit een bibliotheek of uit een CAD-systeem, of kan digitale informatie na herkenning of identificatie vervangen worden door nauwkeuriger digitale informatie uit andere CT-scans of uit een bibliotheek of uit een CAD systeem.

Dit wordt bijvoorbeeld toegepast met als doel in het nieuwe tandtechnische voorwerp 5 contactelementen te genereren die contact zullen maken met de patiënt, of functionele elementen of verbindingselementen die bovenstaande elementen tot een geheel verbinden.

De productie 4 van het nieuwe voorwerp 5 volgens het computermodel geschiedt door middel van een prototypevervaardigingstechniek (een zogenaamde rapid prototyping techniek).

De digitale gegevens van het computermodel worden bijvoorbeeld omgezet naar contouren laag per laag, eventueel met interpolatie tussen de pixels.

Dergelijke prototypevervaardigingstechnieken zijn reeds beschreven in de internationale octrooiaanvraag nr 9528688.

Dergelijke prototypevervaardigingstechnieken zijn stereolithografie, selectieve lasersintering, gesmolten depotmodellering (fused deposition modeling), gelamineerde voorwerpsvervaardiging (laminated object manufacturing), driedimensionele printing en driedimensionele plotting.

Bepaalde van deze technieken moeten nog technisch verbeterd worden of nieuwe bruikbare materialen moeten nog ontworpen worden opdat ze zouden kunnen toegepast worden voor het vervaardigen van tandtechnische voorwerpen die blijvend in de mond van een patiënt 2 aangebracht worden.

Stereolithografie laat fijne laagdikten toe uit een niet toxisch materiaal zodat deze techniek reeds geschikt is voor het vervaardigen van boormallen of tijdelijke beschermplaten.

De fijnste laagdikte en beste oppervlaktekwaliteit wordt verkregen door de driedimensionele plotting op basis van het inktjetprincipe. Met dit principe kunnen tandtechnische voorwerpen in was vervaardigd worden die niet rechtstreeks bruikbaar zijn in de mond. Door een dentaal labo zijn deze wassen voorwerpen evenwel eenvoudig te kopiëren in bruikbare materialen.

Door in deze driedimensionele plotting een derde inktjetkop toe te voegen, kunnen tandtechnische producten rechtstreeks

in materialen vervaardigd worden die in de mond bruikbaar zijn.

Met deze techniek worden drie koppen of drie reeksen van koppen gebruikt waarbij een eerste kop of reeks koppen wordt gebruikt om oplosbaar ondersteuningsmateriaal selectief te deponeren en de twee andere koppen of reeksen koppen druppelsgewijze elk één component deponeren van een twee-componentenmateriaal. Dergelijke twee componentenmaterialen worden thans reeds gebruikt in dentale labo's.

De twee componenten kunnen druppelsgewijze op elkaar geprojecteerd worden. Het is ook mogelijk eerst een vector van de ene component te deponeren en daarna op dezelfde locaties een vector van de tweede component. Een derde mogelijkheid bestaat erin eerst een volledige laag van de eerste component te deponeren en daarna hetzij een volledige laag van de tweede component of enkele verspreide druppels van de tweede component.

Hierbij moeten telkens beveiligingen voorzien worden om te beletten dat de dampen of minuscule deeltjes van de eerste component, die bij het injecteren in de lucht gaan zweven, de inktjetkop van de tweede component zouden verstoppem.

Deze beveiligingen kunnen erin bestaan de inktjetkoppen voor de twee componenten niet naast elkaar op te stellen of door de inktjetkoppen bij niet gebruik weg te zetten op een locatie die een mechanische stop op de opening van deze inktjetkop realiseert of nog door de inktjetkoppen in een magazijn te monteren waarbij ze afwisselend door het plottermechanisme opgehaald worden. Er is een constante neerwaartse laminaire luchtstroom aanwezig.

Een andere mogelijkheid om de driedimensionele plottechniek te gebruiken, bestaat erin het klassieke thermohardend materiaal dat door één van de twee inktjetkoppen of reeksen inktjetkoppen uitgespoten wordt, te vervangen door een fotopolymeer dat uithardt onder invloed van licht van een bepaalde golflengte.

De andere inktjetkop of reeks inktjetkoppen blijft het klassieke ondersteuningsmateriaal deponeren.

Ook in dit geval moet belet worden dat het materiaal in de inktjetopening uithardt onder invloed van strooilicht of omgevingslicht. Dit kan verkregen worden door een lichtdichte omkapseling van het toestel, het beperken van de belichting tot het ogenblik waarop de inktjetkop in een beveiligde parkeerpositie staat enz.

In beide hiervoor beschreven gevallen kan nog een extra kop toegevoegd worden die evenwel geen inktjetkop is maar een kop die korrelsgewijs poederdeeltjes of vezeltjes kan uitstoten, dit is n korrels per n korrels, waarbij n klein is en gelijk aan één kan zijn.

Deze poederdeeltjes of vezeltjes worden dan gemengd met het door de inktjetkoppen gespoten materiaal vlak voor de uitharding.

Op deze manieren kunnen voorwerpen uit versterkt materiaal vervaardigd worden die later eventueel nog gebakken of gesinterd kunnen worden om hun definitieve kenmerken te verkrijgen.

Deze hiervoor in verband met de driedimensionele plottechnieken beschreven maatregelen kunnen ook

geïmplementeerd worden op een zogenaamd ballistische particle systeem waarbij de inktjetkop in plaats van met twee assen met vijf assen gepositioneerd wordt zodat niet noodzakelijk laagsgewijze moet gewerkt worden.

De laatste biedt het voordeel dat verder kan gewerkt worden op een bestaand stuk. Zo wordt het bijvoorbeeld mogelijk op een in metaal gegoten dragende structuur de tanden verder vorm te geven in acrylaat of platen in kunststof te vormen op een in plaaster afgegoten kaakafdruk.

Hierbij is het noodzakelijk beroep te doen op de informatie van CT-scan 6.

Om op een bestaand stuk een aantal lagen op te bouwen, moet immers de geometrie van de basisstructuur bekend zijn.

Met in acht neming van een aantal speciaal daartoe aangebrachte referentiepunten of door de drager in een speciaal daarvoor voorziene opspanning te brengen, kan voor een goede registratie gezorgd worden tussen het computermodel van de gegevensverwerking 3 en het assenkruis van de prototypevervaardigingsmachine.

De hiervoor beschreven werkwijze zal nader geïllustreerd worden aan de hand van enkele praktische voorbeelden waarbij concrete tandtechnische voorwerpen 5 worden vervaardigd.

## 1.- Suprastructuren.

---

Voor het vervaardigen van een suprastructuur die op dentale implantaten moet geplaatst worden, wordt als volgt tewerk gegaan.

In de eerste plaats wordt volgens de klassieke methode de proefopstelling vervaardigd die op de patiënt 2 gepast wordt en die voornoemd product 10 van het dentale labo vormt.

Vervolgens wordt deze proefopstelling ingescand met behulp van een CT-scanner.

De aldus verkregen CT-scan 6 wordt door de digitalisatie 1 omgezet in digitale informatie.

Door segmentatie van de digitale beeldinformatie tijdens de gegevensverwerking 3 volgens de hoger beschreven en hieronder verder gedetailleerde werkwijze wordt dan een computermodel van de uiteindelijke suprastructuur vervaardigd.

Doordat het product 10 gepast werd op de patiënt 2, wordt op deze manier informatie geleverd over de algemene esthetiek van de suprastructuur bij deze bepaalde patiënt 2. Zo kan bijvoorbeeld de keuze van de kleur van de tanden geëvalueerd worden.

De gegevensverwerking 3 is vrij eenvoudig. Er is geen software-articulator nodig omdat bij de proefopstelling 10



reeds rekening gehouden werd met het verband tussen de boven- en onderkaak.

In een variatie wordt geen proefopstelling gebruikt maar wordt met de CT-scanner de oude prothese van de patiënt 2 en de beet (in siliconen) of een plaasteren afgieting 9 ervan ingescand.

Deze gegevens worden vervolgens ten opzichte van elkaar geregistreerd en eventueel wordt een extra registratie uitgevoerd met de beelden van de medische CT-scan 11 van de patiënt 2.

In de volledige dataset wordt de zone van de nieuwe suprastructuur afgelijnd. Dit kan gebeuren met conventionele segmentatiewerktuigen, in geval van beeld tot beeld wordt geregistreerd. In geval van registratie met behulp van oppervlakken kan dit door logische bewerkingen op de getriangulariseerde oppervlakken.

Ook in deze variatie wordt dus een computermodel verkregen waarin de uiteindelijke suprastructuur wordt beschreven.

Voor genoemde beelden van de medische CT-scan 11 geven de nauwkeurige positie van de implantaten, maar deze positie kan ook afgeleid worden uit CT-beelden van de afdruk of de proefopstelling. De vorm van de tanden en het volume van het tandvlees worden afgeleid uit de CT-scan 6 van de siliconenafdruk en van de oude prothese.

Het inscannen van de oude prothese kan zelfs weggelaten worden indien de ontbrekende tanden ingevoerd worden uit een software bibliotheek zoals beschreven in bijvoorbeeld US-4.663.720 of indien de tanden en extra tandvlees

ingetekend worden met CAD-technieken of bewerkingen op getriangulariseerde oppervlakken of dergelijke.

Bij het vervaardigen van een computermodel door de gegevensverwerking 3 uitgaande van de digitale informatie van de digitalisatie 1 moet rekening gehouden worden met het soort suprastructuur dat gewenst wordt. Het soort suprastructuur bepaalt immers de behandeling van het tandoppervlak.

Voor een suprastructuur met opbakporselein of acrylaat zoals weergegeven in de figuren 2 en 3, wordt een binnenwaartse offset X gegeven op het buitenoppervlak van het digitale model van de proefopstelling in functie van de toe te passen afwerking in porselein of acrylaat. Deze offset of speling kan verschillend zijn voor oppervlakken in verschillende richtingen. Zo zal onderaan de offset meestal groter zijn dan bovenaan en aan de zijkanen. Eventueel kan om sterkteredenen in bepaalde zones geen offset toegepast worden.

Voor een suprastructuur met standaardtanden worden de tanden uit het computermodel verwijderd en vervangen door staafjes 13 met kleine korreltjes, zoals weergegeven in figuur 4, die zullen zorgen voor de mechanische hechting van het metaal aan de tanden 15.

De positie van de cilinders 12 die op de implantaten passen en in dit geval de contactelementen zijn, moet zo nauwkeurig mogelijk geïdentificeerd worden in het computermodel van de proefopstelling.

Vervolgens wordt een computermodel van de cilinders 12 die in de suprastructuur worden gebruikt, gepositioneerd op de

plaats van de gescande cilinders of ter hoogte van de implantaten in het geval geen proefopstelling wordt ingescand en met booleaanse operaties afgetrokken van het tijdens de gegevensverwerking 3 verkregen computermodel van de suprastructuren. In de vrij gekomen openingen zullen later bij de productie 4 standaardcilinders gepositioneerd worden.

Een computermodel van de cilinders 12 die in de suprastructuur zullen gebruikt worden, kan ook met booleaanse operaties toegevoegd worden aan het computermodel dat bij de gegevensverwerking 3 verkregen wordt. Bij de productie 4 zullen de cilinders in het gegoten stuk afgewerkt worden.

Voor beide soorten van suprastructuur kan de verbinding 14 tussen de cilinders en de tanden 15 en het tandvlees 16 nog bijgewerkt worden voor technische of esthetische redenen. Zo kan bijvoorbeeld de sleuf tussen de tanden meer geërodeerd worden door offset of booleaanse operaties. Daarna gebeurt er een controle op de wanddikte rond de cilinders. Indien deze dikte niet een bepaalde minimum waarde bezit, wordt met een booleaanse operatie de noodzakelijke minimum hoeveelheid toegevoegd.

Indien later de productie gebeurt via het gieten op basis van een wassen model kunnen ter voorbereiding van dit gieten automatisch de nodige gietkanalen ontworpen en aangebracht worden.

De hiervoor beschreven vervaardiging van het computermodel kan gemakkelijk geautomatiseerd worden.

Het computermodel van de suprastructuur kan in een variante in afzonderlijke componenten, namelijk cilinders 12, tanden 15, verbindingen 14, gesegmenteerd worden. Ook het tandvlees 16 dat ook in het computermodel zichtbaar is maar geen deel uitmaakt van de suprastructuur kan ook worden gesegmenteerd.

Om het uiteindelijke computermodel te verkrijgen, wordt het digitale model volgens de digitale informatie van de digitalisatie 1 als volgt bewerkt :

Er wordt eerst een offset  $X$  genomen, bijvoorbeeld afgetrokken, zoals hiervoor beschreven, van de tanden.

Vervolgens worden de standaardcilinders 12 gepositioneerd op een identieke manier als de gescande cilinders van de ingescande proefopstelling of ter hoogte van de implantaten in het geval geen proefopstelling wordt ingescand.

De cilinders 12 en de tanden 15 worden met elkaar verbonden door verbindingen 14 die met booleaanse operaties worden toegevoegd en door de tandtechnicus worden gedefinieerd of uit een bibliotheek worden opgehaald.

Door het vergelijken met het originele gesegmenteerde tandvlees kan een controle worden uitgevoerd om na te gaan of voldoende maar ook niet te veel verbindingsmateriaal werd aangebracht.

Deze variante van gegevensverwerking kan veel lichtere draagstructuren opleveren en is meer geschikt indien op de suprastructuur bepaalde mechanische bevestigingselementen moeten aangebracht worden, bijvoorbeeld voor het aan elkaar klikken aan andere of het bevestigen van tanden indien deze

verwijderbaar van de draagstructuur gemaakt worden. Deze variëte kan eventueel vermengd worden met de eerste uitvoeringsvorm van de gegevensverwerking.

De productie 4 bevat het vervaardigen van de draagstructuur en het afwerken met tanden 15. De draagstructuur kan hetzij via een wassen model zoals in de klassieke werkwijze, gemaakt worden, hetzij rechtstreeks.

In het eerste geval, wordt het wassen model rechtstreeks aangemaakt met een prototypevervaardigingstechniek zoals bijvoorbeeld driedimensionele plotting of onrechtstreeks door afgieten in was uitgaande van een model dat met prototypevervaardigingstechniek wordt vervaardigd. Met was wordt hier niet alleen de zuivere was zelf bedoeld maar ook met was combatible materialen.

Van dit wassen model worden afgietingen gemaakt. De definitieve cilinders kunnen toegevoegd worden voor of na het afgieten. Het toevoegen na het afgieten heeft het voordeel dat ze exacter kunnen gepositioneerd worden. Indien het wassen model de cilinders reeds bevat, dan kunnen deze cilinders manueel of door met de computer gestuurde verspanende technieken afgewerkt worden. Ook dit biedt een heel grote nauwkeurigheid.

Het rechtstreeks aanmaken van de dragende metalen structuur geschiedt bijvoorbeeld door frezen, door sinteren van metaal of door andere prototypevervaardigingstechnieken die voldoende sterke structuren leveren.

Het afwerken van deze basis of dragende structuur, namelijk het aanbrengen van de deklagen van porselein of acrylaat, kan zowel manueel gebeuren als mechanisch, bijvoorbeeld

door het opspuiten van deze deklagen door het hoger beschreven ballistisch systeem.

## 2.- Bruggen, kronen et pontics.

---

Voor het vervaardigen van bruggen en kronen wordt op analoge manier te werk gegaan als voor de suprastructuren met dit verschil dat in plaats van ze met behulp van cilinders op implantaten te bevestigen, ze bevestigd worden op tandstompen 17 zoals weergegeven in figuur 5, en dus geen beroep kan gedaan worden op een voorafberekend model van de cilinder maar een computermodel van de tandstomp 17 moet worden opgesteld.

De digitalisatie 1 geschiedt op analoge manier als hiervoor beschreven voor de suprastructuren maar de CT-scan 6 wordt meestal niet door het inscannen van een proefopstelling verkregen maar wel door het inscannen van een afdruk 8, namelijk een beet of een plaasteren afgieting 9 van deze beet. Op deze manier wordt digitale informatie van de tandstompen 17 verkregen.

De gegevensverwerking 3 bevat eventueel de registratie van de digitale informatie van de tandstompen met de digitale informatie van een proefopstelling indien een dergelijke proefstelling ter beschikking is.

Het ontwerp van een tandoppervlak volgt onmiddellijk uit de proefopstelling of door selectie van een tand uit een bibliotheek, rekening houdend met de beschikbare plaats. De tanden worden eventueel verder manueel geëditeerd.

Voor bruggen moeten de verbindingselementen tussen de tanden mee ontworpen worden en voor pontics moeten bij de oorspronkelijk tandloze stukken ook tanden uit een bibliotheek toegevoegd worden.

Er is een software-articulator nodig om de vrije inbouwruimte van de brug bij de ene kaak ten opzichte van de andere kaak te bepalen.

Zoals bij de suprastructuren moet een binnenwaartse offset bepaald worden op het tandoppervlak. Hierbij moet nagegaan worden of de overblijvende dragende structuur nog stevig genoeg is.

Verdere gegevensverwerking 3 en de productie 4 van het voorwerp volgens het computermodel geschieden zoals beschreven bij suprastructuren.

Indien de productie 4 door middel van driedimensioneel plotten geschiedt, kan ook rechtstreeks geplot worden op een plaasteren model.

Voornoemde werkwijze voor het vervaardigen van bruggen en kronen kan ook toegepast worden voor het vervaardigen van suprastructuren die zowel op implantaten als op tandstompen 17 bevestigd worden.

### 3.- Boormallen voor tandimplantaten.

---

Boormallen uitgaande van enkel een CT-scan van de patiënt zijn reeds beschreven in WO 95/28688.

De werkwijze volgens de uitvinding laat toe boormallen te vervaardigen die zowel rekening houden met de wensen van de chirurg, bijvoorbeeld met voldoende aanwezigheid van bot, als met de wensen van het dentaal labo en van de patiënt 2, bijvoorbeeld een stevig construeerbare vaste prothese en een esthetische positionering van de implantaten.

Voor het vervaardigen van boormallen zoals weergegeven in de figuren 6 en 7, wordt een beet of een proefopstelling of een losse prothese ingescand met een CT-scanner en samen met beelden van de medische CT-scan 11 van de patiënt geregistreerd en in digitale informatie omgezet in de digitalisatie 1.

Het voordeel van het inscannen van een beet is dat het niet nodig is een negatief te maken.

Op de beelden van de gecombineerde digitale dataset wordt dan door overleg tussen de chirurg en de tandtechnicus bepaald waar, onder welke hoek en hoe diep de implantaten worden geplaatst.

In functie van de aldus bepaalde richting, positie en definitie van het tandimplantaat wordt de boormal ontwikkeld in de gegevensverwerking 3.

De boormal moet volgende elementen bezitten: de contactoppervlakken 22 waardoor hij tijdens de operatie gepositioneerd wordt, de geleidingselementen 23 die de boor van de chirurg tijdens de ingreep op de juiste positie en in de juiste richting met de juiste diepte leiden, bijvoorbeeld onder vorm van standaardcilinders die met de boormal op maat worden geassembleerd, en de



verbindingselementen 24 die de contactoppervlakken 22 en de geleidingselementen 23 tot één geheel verbinden.

De contactoppervlakken 22 worden ofwel bepaald door het aanduiden van een segment op de beelden of op de getriangulariseerde oppervlakken en het toevoegen van materiaal om de boormal voldoende dikte te geven , ofwel, door het toevoegen van brugvormige of beugelvormige elementen om gaten in het kaakbeen tengevolge van getrokken tanden te overbruggen. Van deze brug- of beugelvormige wordt vervolgens met een booleaanse operatie de vorm afgetrokken van het oppervlak waarop ze moeten steunen.

Deze geleidingselementen 23 en verbindingselementen 24 worden aangebracht met booleaanse operaties.

De productie 4 geschiedt op analoge manier als bij de suprastructuren.

#### 4. Implantaten op maat.

---

Bij patiënten 2 met te weinig bot in de kaak, kunnen vaak geen implantaten op de standaard manier in de kaak ingebracht worden.

Dikwijls wordt dan een titaniummembraan aangebracht dat het bot moet doen toenemen in volume.

Een alternatieve oplossing bestaat erin de implantaten te laten afsteunen op plaatsen waar er wel voldoende bot aanwezig is, bijvoorbeeld ze te laten afsteunen op het bot van jukbeenderen.

In dergelijke gevallen kunnen de standaardimplantaten niet worden gebruikt en moeten er implantaten op maat van de patiënt gemaakt worden hetgeen volgens de uitvinding als volgt kan uitgevoerd worden.

De vorm van de implantaten kan afgeleid worden uit de beelden van de medische CT-scanner. Op analoge manier als bij het vervaardigen van de boormallen kan de combinatie van deze beelden en de beelden van de micro CT-scan 6 van producten 10 van het dentale labo zowel met de klinische als met de esthetische eisen rekening gehouden worden.

Eenmaal de digitale informatie door de digitalisatie 1 verkregen werd, wordt in de gegevensverwerking 3 het oppervlak waar afgesteund wordt, gesegmenteerd. Dit oppervlak legt ook de vorm van de contactoppervlakken 19 vast van een deel van het implantaat, zoals weergegeven in figuur 8.

Het implantaat wordt verder opgebouwd uit geparametriseerde CAD modellen van opbouwstukken of verbindingselementen die met booleaanse operaties met elkaar verbonden worden. Aan de zijde van de kaak kunnen door booleaanse operaties CAD modellen 18 van standaard implantaten toegevoegd worden.

Uitgaande van het computermodel kan dan het implantaat zoals bij de vorige voorbeelden hetzij rechtstreeks vervaardigd worden, hetzij via een wassen tussenproduct dat gemaakt wordt met driedimensionele plottingtechniek en vervolgens afgegoten wordt in titanium.

#### 5.- Implantaten met wortelvorm.

---

Terwijl de huidige implantaten cilindervormig zijn en in het bot geschroefd worden, kunnen implantaten met tandwortelvorm ingebracht worden in de ruimte die vrij komt na het verwijderen van een bestaande tand.

Een dergelijk implantaat biedt het voordeel dat de natuurlijke tandenopstelling en krachtenverdeling over de tanden behouden worden en de ingreep door een gewone tandarts kan uitgevoerd worden.

Dergelijke implantaten op maat met tandwortelvorm zoals weergegeven in figuur 9 worden volgens de uitvinding als volgt vervaardigd.

Beelden van een CT-scan 6 worden gemaakt van de afdruk 8 gemaakt bij de patiënt 2 voor het trekken van de tand of, indien de tand op voorhand getrokken werd en nog voorhanden is, van deze tand zelf.

Indien de tand niet meer voorhanden is, kan de vorm van de tandwortel ook afgeleid worden uit beelden van de medische CT-scan 11.

Beelden van de CT-scan 6 en eventueel van de medische CT-scan 11 worden door de digitalisatie 1 omgezet in digitale informatie.

Bij de gegevensverwerking 3 wordt door segmentatie van deze beelden de vorm van de tand bepaald.

Als de vorm van het implantaat boven de tandwortel 20 een tandstomp 21 is, kan deze tandstomp 21 door de tandarts uit een bibliotheek van tandstompvormen geselecteerd worden. Deze tandstomp 21 wordt dan met een booleaanse operatie toegevoegd aan de tandwortel 20.

De vorm van het implantaat boven de tandwortel 20 kan ook verkregen worden door een offset of speling te nemen van het oorspronkelijke tandoppervlak. Dit tandoppervlak wordt verkregen uit de CT-scan 6 van de getrokken tand of van de afdruk eventueel in combinatie met medische CT-scan beelden.

Het implantaat wordt dan zoals bij de vorige voorbeelden hetzij rechtstreeks vervaardigd hetzij vervaardigd via een wassen tussenproduct gemaakt met een driedimensionele plottetechniek en vervolgens afgegoten in titanium.

#### 6.- Opbeetplaten.

---

Door een CT-scan 6 van een siliconen afdruk 8 van de patiënt 2 of een plaasteren afgieting 9 daarvan wordt informatie verkregen die in digitale vorm wordt gegoten.

Bij de gegevensverwerking 3 worden de tanden in de bovenkaak uit de digitale informatie gesegmenteerd. Op deze manier wordt de binnenkant van de opbeetplaat gevormd. De buitenkant ervan wordt via een offset operatie of een andere informatietoevoegende operatie verkregen zodat de plaat de gewenste dikte heeft.

In het geval van digitalisatie 1 van een afgieting 9 moet eerst een negatief model gemaakt worden.

De bovenrand van de opbeetplaat wordt, ongeveer halfweg de tanden van de bovenkaak, aangeduid.

Via booleaanse operaties wordt tenslotte een afdruk van de ondertanden in de opbeetplaat gemaakt. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van ofwel een software articulator, ofwel registraties tussen de bovenkaak en de beetplaat en vervolgens tussen de beetplaat en de onderkaak ofwel nog het verband tussen de boven en de onderkaak zoals afgeleid uit de medische CT-scan 11 van de patiënt 2 met gesloten mond.

De productie 4 gebeurt op de hiervoor beschreven manier hetzij rechtstreeks in kunststof, hetzij via een wassen tussenstap waaruit dan de definitieve structuur wordt vervaardigd via de verloren wasmethode.

Bij de productie 4 moeten in de structuur metalen haken voorzien worden voor het opklemmen van de opbeetplaat van de patiënt 2.

#### 7.- Basisplaten voor losse prothesen.

De digitalisatie 1 gebeurt op dezelfde manier als bij de opbeetplaten, namelijk uitgaande van een afdruk 8 of de plaasteren afgieting 9 ervan.

De gegevensverwerking 3 geschiedt door segmentatie van de tandloze delen op de tandenboog en van de overige delen waar de prothesen moeten steunen, bijvoorbeeld het verhemelte. Na de segmentatie wordt de rand van de basisplaat bepaald.

De productie 4 van de basisplaat geschiedt dan op de hiervoor beschreven manier, in het bijzonder met het ballistische particle systeem, waarbij de basisplaten geproduceerd worden als opbouw op de standaard tanden.

Het is ook mogelijk de basisplaat zonder de tanden te vervaardigen en nadien standaard tanden in deze basisplaat in te kleven.

#### 8.- Voorlopige bruggen.

---

Voorlopige bruggen worden op dezelfde manier vervaardigd als hiervoor beschreven voor de definitieve bruggen behalve dat er bij de gegevensverwerking 3 geen offset op het tandoppervlak moet berekend worden en dat er geen opsplitsing is in een dragende structuur en tanden. De voorlopige brug kan in één geheel in kunststof worden geproduceerd.

#### 9.- Individuele lepels en beetplaten.

---

Voor een individuele lepel geschiedt de digitalisatie 1 op basis van de CT-scan 6 van een afdruk 8 bij de patiënt 2 van een standaard lepel, of van een plaasteren afgieting 9 van deze afdruk 8.

Tijdens de gegevensverwerking 3 wordt het tandoppervlak gesegmenteerd.

De grenzen van de lepel worden afgelijnd. In het geval van een lepel voor vaste prothesen, wordt de lepel beperkt tot de tandenboog.

In het geval van een lepel voor een losse prothese, wordt ook het gehemelte mee gemodeleerd in de lepel.

Om ruimte te leveren voor de te gebruiken pasta wordt een offset of speling van 2 mm op getand oppervlak naar buiten toegepast.

Retenties of concaviteiten van de prothesen worden opgevuld. Op de plaatsen van de implantaten, wordt de lepel opengemaakt en wordt een hoge rand gemaakt.

De productie 4 geschiedt op de hiervoor beschreven manier via een prototypevervaardigingstechniek hetzij rechtstreeks hetzij via een wassen tussenstap.

De beetplaten worden op gelijkaardige manier vervaardigd maar de basis is dunner en op de tandenboog worden was wallen aangebracht.

In al deze uitvoeringsvormen wordt op een snelle en automatische manier het beoogde tandtechnische nieuwe voorwerp 5 nauwkeurig vervaardigd.

De huidige uitvinding is geenszins beperkt tot de hiervoor beschreven en in de figuren weergegeven uitvoeringsvormen, doch dergelijke werkwijze voor het vervaardigen van een tandtechnisch voorwerp kan in verschillende varianten worden verwezenlijkt, zonder buiten het raam van de uitvinding te treden.

### Conclusies.

---

1.- Werkwijze voor het vervaardigen van minstens een gedeelte van een tandtechnisch nieuw voorwerp (5) uitgaande van informatie over de patiënt (2), waarbij deze informatie in digitale vorm gebracht wordt, waarna daaruit het voorwerp (5) computergestuurd wordt vervaardigd, daardoor gekenmerkt dat de omzetting van de informatie van de patiënt (2) in digitale vorm of digitalisatie (1) minstens uitgevoerd wordt met behulp van minstens één CT-scan (6) die genomen wordt van één of meer van volgende elementen: een stuk (7) uit de mond van de patiënt (2), een originele afdruk (8) of beet van de patiënt (2) en een daarvan afgeleid en dus bestaand tandtechnisch voorwerp (9 of 10), waarbij deze digitale informatie door een gegevensverwerking (3) verwerkt wordt tot een computermodel en de productie (4) van het voorwerp of een gedeelte ervan uitgaande van dit computermodel uitgevoerd wordt met behulp van een prototypevervaardigingstechniek (zogenoemde rapid prototyping techniek).

2.- Werkwijze volgens conclusie 1, daardoor gekenmerkt dat als reeds bestaand tandtechnisch voorwerp (9 of 10) waarvan een CT-scan (6) gemaakt wordt, een afgieting (9) wordt genomen of een product (10) zoals een proefopstelling die reeds door het dentaal labo op basis van dergelijke afgieting (9) werd vervaardigd, wordt genomen.

3.- Werkwijze volgens conclusie 1 of 2, daardoor gekenmerkt dat de digitalisatie (1) niet uitsluitend op basis van minstens één CT-scan (6) van een afdruk of een beet (8) of een bestaand tandtechnisch voorwerp (9 of 10), maar



minstens ook op basis van een CT-scan (11) van de patiënt (2) uitgevoerd wordt.

4.- Werkwijze volgens een van de vorige conclusies, daardoor gekenmerkt dat bij de gegevensverwerking (3) digitale informatie uit een CAD-systeem of uit een bibliotheek wordt gebruikt, zoals gegevens over hulpstukken, tanden, tandstompen en dergelijke.

5.- Werkwijze volgens een van de vorige conclusies, daardoor gekenmerkt dat bij de gegevensverwerking (3) scan-beelden en eventueel CAD-gegevens of bibliotheekgegevens geregistreerd worden op basis van beeld op beeld, eventueel zonder segmentatie van de beelden, van beeld op oppervlak of van oppervlak op oppervlak.

6.- Werkwijze volgens een van de vorige conclusies, daardoor gekenmerkt dat bij de gegevensverwerking (3) op geselecteerde delen digitale informatie wordt weggenomen, of digitale informatie uit andere CT-scans of uit een bibliotheek of uit een CAD-systeem wordt toegevoegd of nog digitale informatie na herkenning of identificatie wordt vervangen door nauwkeuriger digitale informatie uit andere CT-scans of uit een bibliotheek of uit een CAD-systeem.

7.- Werkwijze volgens conclusie 6, daardoor gekenmerkt dat door het wegnemen, toevoegen en /of vervangen van digitale informatie contactelementen gegenereerd worden die in het nieuwe tandtechnische voorwerp contact zullen maken met de patiënt (2) of functionele elementen gegenereerd worden zoals geleidingselementen of nog verbindingselementen gegenereerd worden die bovenstaande elementen tot een geheel verbinden.

8.- Werkwijze volgens conclusie 7, daardoor gekenmerkt dat een suprastructuur wordt vervaardigd en de contactelementen uit standaard cilinders afkomstig uit een CAD-systeem bestaan of bruggen of kronen worden vervaardigd en contactelementen aansluiten op tandstompen en verkregen worden door selectie uit gedigitaliseerde informatie van een afdruk van de patiënt (2).

9.- Werkwijze volgens een van de vorige conclusies, daardoor gekenmerkt dat bij de gegevensverwerking (3) gebruik gemaakt wordt van offset-operaties die digitaal een deel van de informatie wegnemen van geselecteerde delen van het computermodel van het tandtechnische voorwerp en bij de productie (4) op het nieuwe voorwerp op plaatsen overeenstemmend met deze geselecteerde delen een deklaag uit een ander materiaal wordt aangebracht.

10.- Werkwijze volgens conclusie 9, daardoor gekenmerkt dat een suprastructuur, een brug, een kroon of een voorlopige brug wordt vervaardigd, waarbij bij de productie (4) na offset van het computermodel in de gegevensverwerking (3) een draagstructuur wordt vervaardigd waarop met dezelfde dikte als de afgenomen offset een deklaag in porcelein wordt aangebracht.

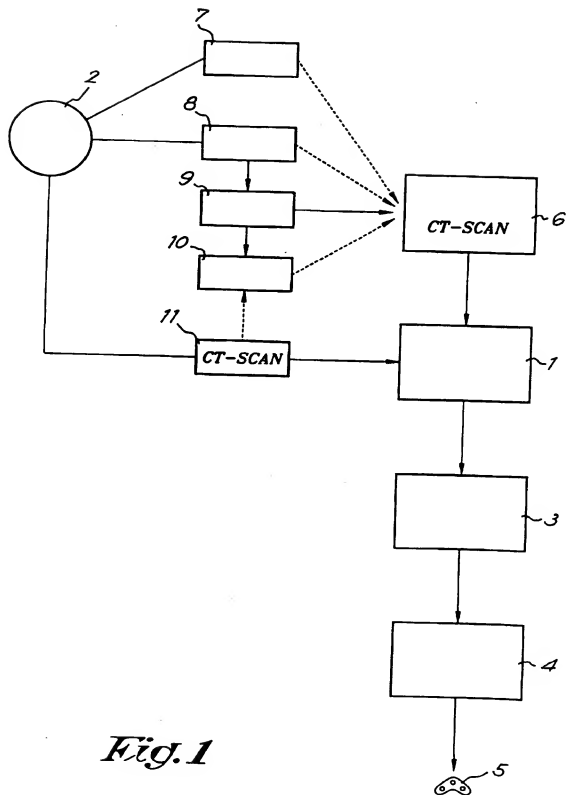
11.- Werkwijze volgens een van de conclusies 1 tot 7, daardoor gekenmerkt dat ze toegepast wordt voor het vervaardigen van een van volgende nieuwe tandtechnische voorwerpen: een boormal, een opbeetplaat, een basisplaat voor losse prothesen, een individuele lepel en een beetplaat.

- 12.- Werkwijze volgens een van de vorige conclusies, daardoor gekenmerkt dat bij de gegevensverwerking (3) gebruik gemaakt wordt van een software articulator.
- 13.- Werkwijze volgens een van de vorige conclusies, daardoor gekenmerkt dat bij de productie (4) het voorwerp vervaardigd wordt via een tussenproduct in was dat zelf vervaardigd wordt door driedimensionele plotting met behulp van een driedimensioneel plottersysteem.
- 14.- Werkwijze volgens conclusie 13, daardoor gekenmerkt dat de driedimensionele plotting met minstens drie jetkoppen of reeksen jetkoppen uitgevoerd wordt, waarbij een kop of reeks koppen gebruikt wordt om oplosbaar ondersteuningsmateriaal selectief te deponeren en twee andere koppen of reeksen koppen gebruikt worden om elk één component te deponeren van een twee-componenten materiaal.
- 15.- Werkwijze volgens conclusie 13, daardoor gekenmerkt dat de driedimensionele plotting uitgevoerd wordt door met één van de koppen of reeksen koppen het ondersteuningsmateriaal selectief te deponeren en door met een andere kop of reeks koppen een fotopolymeer te spuiten en onder invloed van licht te doen uitharden.
- 16.- Werkwijze volgens een van de conclusies 13 tot 15, daardoor gekenmerkt dat bij de driedimensionele plotting gebruik gemaakt wordt van een bijkomende kop of reeks koppen die korrelsgewijs poederdeeltjes of vezeltjes uitstoten.
- 17.- Werkwijze volgens een van de conclusies 1 tot 12, daardoor gekenmerkt dat bij de productie (4) gebruik gemaakt wordt van het zogenaamde ballisticle particle

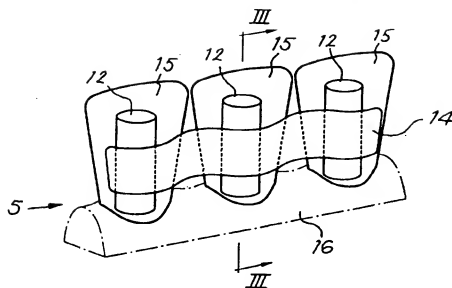
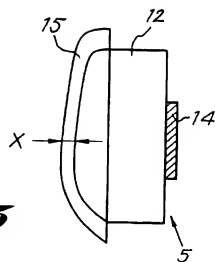
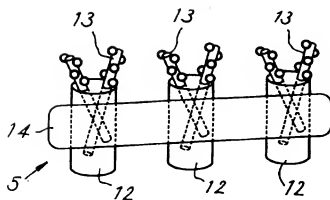
09700502

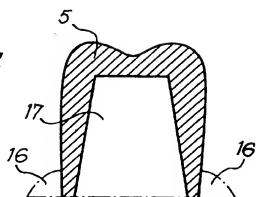
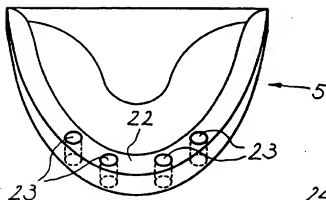
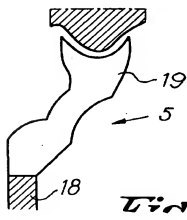
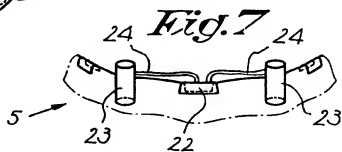
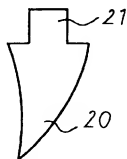
- 35 -

systeem waarbij één of meer jetkoppen met vijf assen  
gepositioneerd worden.



- 37 -

*Fig. 2**Fig. 3**Fig. 4*

*Fig.5**Fig.6**Fig.7**Fig. 8**Fig. 9*



Europees  
Octrooibureau

# VERSLAG BETREFFENDE HET ONDERZOEK

opgesteld krachtens artikel 21 § 1 en 2  
van de Belgische wet op de uitvindingsoctrooien  
van 28 maart 1984

Nummer van de  
nationale aanvraag:

BO 6636  
BE 9700502

VAN BELANG ZIJNDE LITERATUUR			
Categorie	Vermelding van literatuur met aanduiding voor zover nodig, van speciaal van belang zijnde tekstgedeelten of tekeningen	Van belang voor conclusie(s) nr.	CLASSIFICATIE VAN DE AANVRAAG (InCl.8)
A	DE 43 41 367 A (EUFINGER) * het gehele document * ---	1,3	A61C13/00 A61B6/14
A	DE 43 28 490 A (FRIEDMANN) * kolom 3, regel 23 - kolom 5, regel 27 * ---	1	
D,A	US 5 452 219 A (DEHOFF) * het gehele document * ---	2	
A	WO 93 19689 A (FOSTER-MILLER) * bladzijde 18, regel 19 - bladzijde 20, regel 7 * ---	4	
A	EP 0 763 351 A (DEHOFF) * kolom 8, regel 22 - regel 28 * ---	6,9,10	
A	WO 95 03007 A (VAN NIFTERICK) * het gehele document * -----	11	
			ONDERZOCHEDE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK (InCl.8)
			A61C A61B
Datum waarop het onderzoek werd voltooid		Vooronderzoeker	
26 Februari 1998		Vanrunxt, J	
CATEGORIE VAN DE VERMELDE LITERATUUR			
X: op zichzelf van bijzonder belang Y: van bijzonder belang in samenhang met andere documenten van dezelfde categorie A: achtergrond van de stand van de techniek O: verwijzend naar niet op schrift gestelde stand van de techniek			
T: niet tijdig gepubliceerde literatuur over theorie of principes ten grondslag liggend aan de uitvinding E: eerdere octrooipublicatie maar gepubliceerd op of na indieningsdatum D: in de aanvraag genoemd L: om andere redenen vermelde literatuur			



**AANHANGSEL BEHORENDE BIJ HET RAPPORT BETREFFENDE  
HET ONDERZOEK NAAR DE STAND VAN DE TECHNIEK,  
UITGEVOERD IN DE BELGISCHE OCTROOIAANVRAGE NR.**

BO 6636  
BE 9700502

Het aanhangsel bevat een opgave van elders gepubliceerde octrooiaanvragen of octrooien (zogenaamde leden van dezelfde octrooifamilie), die overeenkomen met octrooischriften genoemd in het rapport.

De opgave is samengesteld aan de hand van gegevens uit het computerbestand van het Europees Octrooibureau per de juistheid en volledigheid van deze opgave wordt noch door het Europees Octrooibureau, noch door de Octrooiraad gegarandeerd ; de gegevens worden verstrekt voor informatiedoeleinden.

26-02-1998

In het rapport genoemd octrooigeschrift	Datum van publicatie	Overeenkomend(e) geschrift(en)	Datum van publicatie
DE 4341367 A	14-06-95	WO 9515131 A EP 0731675 A	08-06-95 18-09-96
DE 4328490 A	02-03-95	GEEN	
US 5452219 A	19-09-95	US 5691905 A	25-11-97
WO 9319689 A	14-10-93	US 5273429 A AU 4278293 A	28-12-93 08-11-93
EP 763351 A	19-03-97	JP 9103438 A	22-04-97
WO 9503007 A	02-02-95	NL 9301308 A AU 7547594 A CA 2168104 A EP 0776183 A	16-02-95 20-02-95 02-02-95 04-06-97

English translation of the Belgian patent: Method for fabricating at least one part of a new tooth-technical object.

This invention is related to a procedure for the fabrication of at least one part of a new tooth-technical object based on information of the patient which is in digital format, and from which the object is created by computer-aided manufacturing.

Tooth-technical objects are objects that are put into the mouth of a patient by a dentist, like occlusal aligners, protection plates, temporary or final bridges, crowns, superstructures, and implants; or tools that are for example used by the dentist or dental surgeon, like positioning guides and drill guides or guiding plates; or other aiding devices like individual spoons and bites.

Procedures of previously described type are already in use to fabricate certain prescribed tooth-technical objects, namely crowns, bridges and prostheses.

By putting a spoon in the mouth of the patient, the dentist takes impressions, so called bite impressions, of the upper and lower jaw. These bite impressions are used by a dental lab to create plaster casts.

Sometimes a third impression, namely a bite in wax that is clamped between the teeth is taken to know the relative position of the upper and lower teeth with respect to each other.

By using this third impression both casts are positioned in an articulator that mechanically simulates the movements of the lower jaw and the upper jaw.

With the current state-of-the-art technology this information at the start is converted by optical and/or mechanical techniques into digital information like described in US-A-5.266.030, US-A-5.372.502, US-A-5.452.219, US-A-5.320.462, and US-A-5.342.201.

This digital information, in most cases a cloud of measured points, is then for example by a CAD-system transformed into a mathematical description of higher-order surfaces.

Based on this the new object is manufactured by a chipping operation, powder metallurgy or spark erosion.

The transformation in digital format by optical and/or mechanical measuring systems has large limitations. Certain undercuts cannot be measured, even not with complex multiple-axes positioning systems for the measuring unit and the cast.

These measuring systems are often obliged to limit themselves to the measuring of separate teeth, which makes an extended preparation of the casts necessary. It must be possible to separate each tooth or tooth stump from the full cast. The separate measuring makes the fabrication of bridges or structures covering different teeth difficult since therefore information on the relative position of the teeth is needed.

Often a protective coating is needed.

Previously described transformation of the digital information into a mathematical description is computational and labour intensive. Additionally a mathematical approximation is made which can sometimes introduce annoying errors. Such errors are important because in some dental applications accuracies of a few microns are needed to avoid clinical problems for the patient.

This invention has as goal a procedure for the fabrication of new tooth-technical objects that avoids the previously described disadvantages and allows the fabrication of the new objects in a simple and accurate manner.

This goal is achieved according to the invention since the transformation of the information of the patient in digital format or digitalization is at least done by at least one CT scan taken from one or more of the following items: a part of the mouth of the patient, like a tooth or an old prosthesis, an original impression or bite of the patient, and a thereof derived and thus existing tooth-technical object, whereas this digital information is processed by a data processor to a computer model and the fabrication of the new tooth-technical object or a part of it is done based on this computer model by a prototype processing technique (rapid prototyping technique).

A faster production and higher quality of the new object are possible.

As already existing tooth-technical object of which a CT-scan is made a cast of a product like a test set-up that was already made by the dental lab from such a cast can be taken.

An additional advantage is gained by putting in digital format not only on the basis of at least one CT scan taken of a cast or a bite or an existing tooth-technical object, but at least also on the basis of a CT scan of the patient.

In this way more complete digital information is obtained that is especially important for the accuracy, for example for the fabrication of drill guides to safely place implants.

In some cases by using the information of a medical CT scanner the fabrication of a bite can be avoided as will be explained further in relationship with a software articulator.

Previously described procedure can conveniently be applied for the fabrication of superstructures, bridges and crowns, drill guides, occlusal aligners, base plates for removable prostheses, temporary bridges, individual spoons, bites and implants.

With the notion to better show the characteristics of the invention, are here after a few preferential embodiments of a procedure for the fabrication of at least a part of a new tooth-technical object and of applications of this procedure, according to the invention, described with referral to the hereto-added drawings, in which:

figure 1 shows a block scheme of the procedure according to the invention;

figure 2 shows a back view of a superstructure fabricated according to this procedure;  
figure 3 shows a section view along line III-III in figure 2;  
figure 4 shows a back view similar to this of figure 2, but concerning another embodiment of the superstructure;  
figure 5 shows a section view of a tooth crown fabricated according to the invention;  
figure 6 shows schematically a drill guide fabricated according to the procedure of the invention;  
figure 7 shows schematically an alternative embodiment of the drill guide of figure 6;  
figure 8 shows schematically a section view of an according to the invention custom made implant;  
figure 9 shows schematically an implant with the shape of a tooth root.

The fabrication of a new tooth-technical object or a part of it according to the invention occurs mainly in three steps, i.e. the digitalization 1 or the transforming of information of the patient 2 in digital information, the data processing 3 that contains the processing of this digital information to a computer model and at last the production 4 of the new tooth-technical object 5 on the basis of this computer model.

The digitalization 1 occurs in the first place on the basis of a CT scan 6 of an existing tooth-technical object, derived from an impression or a bite of the patient.

The CT scan 6 is made based on one or more of the following elements: a part 7 of the mouth of the patient 2 like an extracted tooth, an impression 8 or bite of the teeth of the patient 2, that can be made by the dentist, and thereof derived and thus existing tooth-technical objects like the plaster casts 9 that are made from these impressions 8 and products 10 that are already made by the dental lab, like for example test set-ups of superstructures that are fitted on the patient 2 or temporary superstructures and prostheses.

By means of the CT scan 6 these elements can easily be digitized. The different components of which the volume of the products is composed can be differentiated which is interesting for certain applications.

CT scanners as such are known and were already used for the scientific research of teeth. With a CT scanner all internal and external geometry of the pieces 7, the impressions 8, the casts 9 or the products 10 can be measured. Undercuts that give problems with optical and mechanical scanners do not play a role here. The parts can simply be positioned in the scan volume. Moreover the data acquisition can occur faster than with other systems.

An additional unique advantage can be gained by combining the CT images of an existing tooth-technical object with images of a medical CT scanner 11.

The medical CT images of the patient give information about the positioning of lower and upper jaw. They give also information about the quality of the jawbones and the position of the internal parts like the tooth roots, sinus cavities and the nerve canal in the mandible.

By combining the information of the medical CT images of the patient with the CT images of an existing tooth-technical object, complete digital information is obtained that is sufficiently detailed to make the design and fabrication of the new tooth-technical objects possible. The information of the tooth surface in a medical CT scan 11 is too rough and often too disturbed to be usable as basic information for the fabrication of such objects.

The medical CT images of the patient and the CT scan images of the existing tooth-technical object are registered by using algorithms from the image-processing field. In these algorithms first a distance function is determined that quantifies the distance or the difference between two objects. This distance is measured between artificially added landmark points or between naturally always-present landmark points or between naturally already present surfaces.

Then the transformation between these objects minimizing the distance function is calculated.

The images can thus also be registered before they are segmented.

The shape of the distance function differs according to the registration is from image to image, from image to surface, or from surface to surface.

The images can thus be registered non-segmented. The surfaces are indeed at first segmented from the CT scan images. In the registration from image to surface or from surface to surface it is possible to register optically or mechanically scanned surfaces or CAD models in the medical images.

The medical CT scan 11 of the patient can for example be obtained by scanning the patient 2 with the mouth closed. In this way information is obtained that otherwise must be obtained from a bite.

By the registration the relationship between the information from a CT scan of an existing tooth-technical object and the information from a medical CT scan 11 of the patient is obtained.

The data processing 3 of this digital data occurs at three levels: images, triangulated surfaces or contours.

By means of software and with among other things Boolean operations, offset of surfaces etc. the digital information is transferred into a computer model of the to fabricating new tooth-technical object 5.

Hereto a large amount of data needs to be processed. Nevertheless the operations can integrally be automated without the user performing special actions except eventually taken decisions related to the shape of the new tooth-technical objects, in perspective of the production 4.

In this data processing by recognition and exclusion, replacement or addition combinations can be made with geometries from other systems like CAD systems or information obtained from CT scans with higher resolution.

In this way it is possible to describe a perfectly closed volume what is necessary for for example prototype processing methods (rapid prototyping) for the production 4.

In this data processing 3 one can use also a software-articulator that can simulate, in a similar way as a traditional mechanical articulator, the movements of the upper jaw with respect to the lower jaw. For this purpose the necessary parameters like for setting a mechanical articulator are used, namely the distance between the two condyles, the intercondylar axis, the relation between the upper jaw and the condyles etc. For the relation between upper jaw and the lower jaw one can use bites or a medical CT scan 11 of the patient 2 with closed mouth.

To set the software-articulator first the upper jaw is positioned with respect to the condyles by means of previously described parameters. Then the bite is registered with respect to the upper jaw and then the lower jaw is registered with respect to the bite. From these registrations follows the correct positioning of the lower jaw with respect to the upper jaw of which the motional degrees of freedom are set.

The movements of the articulator are generated by means of classical equations from kinematics.

In the data processing 3 offset operations that take a part of the material away from selected parts of the object are used. This is for example applied with the aim to apply afterwards during the production 4 a coating in another material.

In the data processing 3 one can on selected parts also use operations that take away or add digital information, for example from a library or from a CAD system, or change digital information after recognition or identification by more accurate digital information from other CT scans or from a library or from a CAD system.

This is for example applied with the aim of generating in the new tooth-technical object 5 contact elements that will make contact with the patient, or functional elements of connection elements that connect above described elements to one unity.

The production 4 of the new object 5 according to the computer model occurs by means of a rapid prototyping technique.

The digital data of the computer model is for example transformed to contours layer by layer, eventually with interpolation between the pixels.

Such rapid prototyping techniques are already described in the international patent application number 9528688.

Such rapid prototyping techniques are stereolithography, selective laser sintering, fused deposition modelling, laminated object manufacturing, three-dimensional printing and three-dimensional plotting.

Certain of these techniques must still be technically improved or new usable materials must be designed to be able to apply them for the fabrication of tooth-technical objects that can permanently be put in the mouth of the patient 2.

Stereolithography allows thin layer thicknesses of a non-toxic material, which makes that this technique is already suited for the fabrication of drill guides or temporary protection plates.

The thinnest layer thickness and best surface quality is achieved by three-dimensional plotting on the basis of the inkjet principle. By this principle, tooth-technical objects that are not directly usable in the mouth can be fabricated in wax. Nevertheless a dental lab can easily copy this wax objects into usable materials.

By adding a third inkjethead in this three-dimensional plotting tooth-technical products can directly be fabricated in materials that are usable in the mouth.

With this technique three heads or three series of heads are used of which a first head or series of heads is used to selectively depose soluble supporting material and the two other heads or series of heads depose each drop wise one component of a two-component material. Such two-component materials are currently already used in dental labs.

The two components can be projected drop wise onto each other. It is also possible to firstly depose a vector of the one component and thereafter depose on the same location a vector of the second component. A third possibility exists of firstly depose a full layer of the first component and thereafter depose either a full layer of the second component or a few spread drops of the second component

Hereby protections must each time be foreseen to avoid that the vapours of miniscule small parts of the first component, that during injection go floating in the air, would block the inkjethead of the second component.

These protections can be to not position the inkjet heads of the two components next to each other or by putting the inkjet heads when not used on a location that realises a mechanical stop on the opening of this inkjet head or even by mounting the inkjet heads in a warehouse from where they are alternately taken by the plotter mechanism. There is a constant downward laminar flow present.

Another possibility to use the three-dimensional plotting technique consists of replacing the classical thermo-hardening material that is squirted by one of the two inkjet heads or series of inkjet heads by a photopolymer that hardens when exposed to light with a certain wavelength.

The other inkjet head or series of inkjet heads remains depositing the classical supporting material.

Also in this case one must prevent that the material hardens in the inkjet opening under influence of scattering light and surrounding light. This can be obtained by a light blocking cover of the apparatus, the limitation of the lighting until the moment that the inkjet head is in a safe parking position etc.

In both above described cases an additional head can be added that is not an inkjet head but a head that can grain wise pushing powder particles or fibres, this is  $n$  grains by  $n$  grains, with  $n$  small and  $n$  can be equal to one.

This powder particles or fibres are mixed with the by the inkjet heads squirted material just before hardening.

In this way objects can be fabricated in reinforced material that later eventually can be baked or sintered to obtain their definite properties.

These previously described arrangements with respect to the three-dimensional plotting techniques can also be implemented on a so-called ballisticle particle system in which the inkjet head is positioned with five axes instead of two axes so that it is not necessary to work layer wise.

The latter has the advantage that one can work further on an existing part. So it is possible for example to further shape the teeth in acrylic on a metal cast supporting structure or shape plates in plastic on a plaster cast of a jaw impression.

Hereto it is necessary to appeal for the information of a CT scan 6.

To build a few layers on an existing part, the geometry of the basic structure must indeed be known.

When taking into account a few especially therefore fixed reference points or by mounting the support in a especially therefore foreseen clamp, a good registration can be obtained between the computer model of the data processing 3 and the coordinate system of the rapid prototyping machine.

The previously described procedure will be further illustrated by means of a few practical examples in which concrete tooth-technical objects 5 are fabricated.

### 1. Superstructures.

For the fabrication of a superstructure that must be placed on dental implants the following method is used.

At first according to the classical method the test set-up is made that is fitted on the patient 2 and that forms aforementioned product 10 of the dental lab.

Then this test set-up is scanned by means of a CT scanner.

The in that way obtained CT scan 6 is transformed by the digitalization 1 into digital information.

By segmentation of the digital image information during the data processing 3 following the above described and hereafter further detailed procedure a computer model of the final superstructure is made.



Since product 10 was fitted on the patient 2, information is given in this way for the general aesthetic of the superstructure for this particular patient 2. So for example the choice of the colour of the teeth can be evaluated.

The data processing 3 is rather simple. There is no software-articulator needed since for the test set-up 10 the relation with the upper and lower jaw was already taken into account.

In a variant there is no test set-up used but with a CT scanner the old prosthesis of the patient 2 and the bite (in silicon) or a plaster cast 9 thereof is scanned.

Then these data is registered with respect to each other and eventually an extra registration is performed with the images of the medical CT scan 11 of patient 2.

In the complete dataset the area of the new superstructure is delineated. This can be done with conventional segmentation tools, in case registration is done from image to image. In case registration is done by means of surfaces this can be done by logical operations on the triangulated surfaces.

Also in this variant a computer model is obtained in which the final superstructure is described.

Aforementioned images of the medical CT scan 11 give the accurate position of the implants, but this position can also be derived from CT images of the cast of the test set-up. The shape of the teeth and the volume of the mucosa are derived from the CT scan 6 of the silicon impression and the old prosthesis.

The scanning of the old prosthesis can even be excluded if the missing teeth are introduced from a software library like described in for example US-4.663.720 or if the teeth and additional mucosa are drawn with CAD techniques or operations on triangulated surfaces or such.

During the creation of a computer model by the data processing 3 of the digital information from the digitalization 1 one has to take into account the type of superstructure that is wanted. The type of superstructure indeed determines the treatment of the tooth surface.

For a superstructure with porcelain or acrylate like shown in the figures 2 and 3, a inward offset X is given to the outer surface of the digital model of the test set-up in function of the to be applied finishing in porcelain or acrylate. This offset or space can be different for surfaces with different orientation. So will the offset at the bottom be usually larger than at the top and at the sides. Eventually for strength reasons in certain areas no offset can be applied.

For a superstructure with standard teeth the teeth are removed from the computer model and replaced by sticks 13 with small grains, like shown in figure 4, which will take care of the mechanical binding of the metal to the teeth 15.

The position of the cylinders 12 that fit on the implants and in this case are the contact elements has to be identified as accurate as possible in the computer model of the test set-up.

Next a computer model of the cylinders 12 that are used in the superstructure, is positioned on the location of the scanned cylinders or at the level of the implants in case no test set-up is scanned and with Boolean operations subtracted from the during the data processing 3 obtained computer model of the superstructures. In the arised openings standard cylinders will later during the production 4 be positioned.

A computer model of the cylinders 12 that will be used in the superstructure can also be added with Boolean operations to the computer model that is obtained by the data processing 3. During the production 4 the cylinders will be finished in the cast part.

For both kinds of superstructures the connection 14 between the cylinders and the teeth 15 and the mucosa 16 can be retouched for technical or aesthetical reasons. So for example the slot between the teeth can be more eroded by offset or Boolean operations. Next there is a control of the wall thickness around the cylinders. If this thickness does not have a certain minimal value, the necessary minimal amount is added with a Boolean operation.

If later the production occurs by casting on basis of a wax model the casting can be prepared by automatically designing and adding the necessary runners.

The previously described creation of the computer model can easily be automated.

The computer model of the superstructure can in a variant be segmented in separated components, namely cylinders 12, teeth 15, connections 14. Also the mucosa 16 that is visible also in the computer model but no part is of the superstructure can be segmented.

To obtain the final computer model the digital model is according to the digital information of the digitalization 1 edited as follows:

At first an offset X is taken, for example subtracted, like described before, from the teeth.

Next the standard cylinders 12 are positioned on an identical manner as the scanned cylinders of the scanned test set-up or at the level of the implants in case no test set-up was scanned.

The cylinders 12 and the teeth 15 are connected to each other by connections 14 that are added by Boolean operations and by the dental technician are defined or taken from a library.

By comparing with the original segmented mucosa a control can be performed to verify if sufficient but also not too much connecting material is added.

This variant of data processing can result in much lighter supporting structures and is more suited if on the superstructure certain mechanical connection elements must be

added, for example to click onto others or to fix teeth if these are made removable from the supporting structure. This variant can eventually be mixed with the first embodiment of the data processing.

The production 4 contains the fabrication of the supporting structure and the finishing with teeth 15. The supporting structure can be made either by a wax model like in the classical procedure, or directly.

In the former case the wax model is directly made with a rapid prototyping technique like for example three-dimensional plotting or indirectly by casting in wax on basis of a model that with rapid prototyping techniques is fabricated. Here wax refers not only to the pure wax but also to wax compatible materials.

From this wax model casts are made. The definite cylinders can be added before or after casting. The addition after casting has the advantage that they can be positioned more exactly. If the wax model already contains the cylinders then these cylinders can be finished manually or with computer guided chipping techniques. Also this offers a very high accuracy.

The direct fabrication of the supporting metal structure occurs for example by milling, by sintering of metal or by other rapid prototyping techniques that deliver sufficiently strong structures.

The finishing of this basis of supporting structure, namely applying coatings of porcelain or acrylate, can be done manually or mechanically, for example by spraying this coatings by the above described ballistic system.

## 2. Crowns, bridges and pontics.

For the fabrication of bridges and crowns one works in an analogous way as for the superstructures but the difference is that instead of fixing them by means of cylinders on implants, they are fixed on tooth stumps 17 like shown in figure 5, and thus a pre-calculated model of the cylinders can not be used but a computer model of the tooth stump 17 must be made.

The digitalization 1 occurs in an analogous way as described previously for the superstructures but the CT scan 6 is usually not obtained by scanning a test set-up but by scanning an impression 8, namely a bite or a plaster cast 9 of this bite. In this way digital information of the tooth stumps 17 is obtained.

The data processing 3 contains eventually the registration of the digital information of the tooth stumps with the digital information of the test set-up if such a test set-up is available.

The design of the tooth surface follows immediately from the test set-up or by selection of a tooth from a library, taking into account the available space. The teeth are eventually further manually edited.

For bridges the connection elements between the teeth must also be designed and for pontics teeth from a library must be added in originally toothless parts.

There is a software-articulator necessary to determine the free space into which the bridge for the one jaw with respect to the other jaw can be build.

Like with superstructures an inward offset must be determined on the tooth surface. For this purpose there must be investigated if the remaining supporting structure is still sufficiently strong.

Further data processing 3 and the production 4 of the object according to the computer model occur like described for superstructures.

If the production 4 occurs by means of three-dimensional plotting, there can also be plotted directly on a plaster model.

Aforementioned procedure for the fabrication of bridges and crowns can also be applied for the fabrication of superstructures that can be fixed as well on implants as on tooth stumps 17.

### 3. Drill guides for dental implants.

Drill guides based on only a CT scan of the patient are already described in WO 95/28688.

The procedure according to the invention allows fabricating drill guides that take into account as well the demands of the surgeon, for example sufficient presence of bone, as with the demands of the dental lab and of the patient 2, for example a solid constructible fixed prosthesis and an aesthetical positioning of the implants.

For the fabrication of drill guides as shown in figures 6 and 7 a bite or a test set-up of a removable prosthesis is scanned with a CT scanner and registered together with the images of the medical CT scan 11 of the patient and transferred into digital information in the digitalization 1.

The advantage of the scanning of a bite is that it is not necessary to create a negative.

On the images of the combined digital dataset is determined by consultation between the surgeon and the dental technician where, under which angle and how deep the implants are placed.

In function of the in that way determined direction, position and definition of the dental implant the drill guide is developed in the data processing 3.

The drill guide must have the following elements: the contact surfaces 22 whereby it is positioned during the operation, the guiding elements 23 that guide the drill of the surgeon during the operation to the correct position and in the correct direction with the correct depth, for example by means of standard cylinders that are assembled with

the custom drill guide, and the connection elements 24 that combine the contact surfaces 22 and the guiding elements 23 to one unity.

The contact surfaces 22 are determined either by the indication of a segment on the images or on the triangulated surfaces and the addition of material to give the drill guide sufficient thickness, or by the addition of bridge shaped or ring shaped elements to bridge holes in the jawbone due to extracted teeth. Then, of this bridge shaped or ring shaped elements the shape of the surface on which they have to support is subtracted by means of Boolean operations.

This guiding elements 23 and connection elements 24 are placed with Boolean operations.

The production 4 occurs in an analogous way as for the superstructures.

#### 4. Custom implants.

In patients 2 with insufficient bone in the jaw, often implants cannot be placed in the standard way in the jaw.

Then, often a titanium membrane is placed that must increase the bone in volume.

An alternative solution exists of placing the implants on locations where sufficient bone is present, for example in the bone of the zygomae.

In such cases standard implants cannot be used and implants customized for the patient must be made what according to the invention can be done as follows.

The shape of the implants can be derived from the images of the medical CT scanner. In an analogous way as for the fabrication of the drill guides the combination of these images and the images of the micro CT scan 6 of products 10 of the dental lab can take into account as well the clinical as the aesthetical requirements.

Once the digital information was obtained by the digitalization 1, is during the data processing 3 the surface on which must be supported, segmented. This surface determines the shape of the contact surfaces 19 of a part of the implant like shown in figure 8.

The implant is further built from parametric CAD models of building blocks or connection elements that are joined to each other by Boolean operations. At the side of the jaw CAD models 18 of standard implants can be added by Boolean operations.

Based on the computer model then the implant can be fabricated like in the previous examples either directly or by means of a wax intermediate product that is made by a three-dimensional plotting technique and then is cast in titanium.

#### 5. Implants with root shape.

While the current implants are cylindrically shaped and screwed into the bone, implants with root shape can be placed in the space that arises after the extraction of an existing tooth.

Such an implant has the advantage that the natural teeth set-up and force distribution over the teeth is maintained and the operation can be performed by a general dentist.

Such custom implants with tooth root shape like shown in figure 9 are according to the invention created as follows.

Images of a CT scan 6 are made of the impression 8 made of the patient 2 before extraction of the tooth or, if the tooth was extracted beforehand and is still available, of the tooth itself.

If the tooth is not available anymore, the shape of the tooth root can be derived from the images of the medical CT scan 11.

Images of the CT scan 6 and eventually of the medical CT scan 11 are transferred by the digitalization 1 into digital information.

During the data processing 3 the shape of the tooth is determined by segmentation of these images.

If the shape of the implant above the tooth root 20 is a tooth stump 21, this tooth stump 21 can be selected from a library of tooth stumps by the dentist. This tooth stump 21 is added to the tooth root 20 by Boolean operations.

The shape of the implant above the tooth root 20 can also be obtained by taking an offset or margin from the original tooth surface. This tooth surface is obtained from CT scan 6 of the extracted tooth or of the impression eventually in combination with the medical CT scan images.

The implant is then like in the previous examples fabricated either directly or by means of a wax intermediate product that is made by a three-dimensional plotting technique and then is cast in titanium.

## 6. Occlusal aligner.

By a CT scan 6 of silicon impression 8 of the patient 2 or a plaster cast 9 thereof information is obtained that is transferred into digital format.

In the data processing 3 the teeth in the upper jaw are segmented in the digital information. In this way the inner side of the occlusal aligner is shaped. The outer side of the occlusal aligner is by means of an offset operation or another information adding operation obtained so that the occlusal aligner has the desired thickness.

In case of digitalization 1 of a cast 9 first a negative model must be made.

The upper border of the occlusal aligner is indicated approximately halfway the teeth of the upper jaw.

Finally, by means of Boolean operations an impression of the lower teeth is made in the occlusal aligner. For this purpose one uses either a software articulator, or registrations between the upper jaw and the bite and then between the bite and the lower jaw, or the relation between the upper and lower jaw as derived from the medical CT scan 11 of the patient 2 with closed mouth.

The production 4 occurs in the previously described way either directly in plastic, or by means of a wax intermediate from which the final structure is fabricated by the lost wax method.

During the production 4 metal clamps must be foreseen to clamp the occlusal aligner on the patient 2.

#### 7. Base plates for removable prostheses.

The digitalization 1 occurs in the same way as for the occlusal aligners, namely based on an impression 8 or the plaster cast 9 thereof.

The data processing 3 occurs by segmentation of the teeth less parts on the dental arch and of the others parts on which the prosthesis must support, for example the palate. After the segmentation the border of the base plate is determined.

The production 4 of the base plate occurs then on the previously described way, especially with the ballistic particle system, whereby the base plates are produced as construction on the standard teeth.

It is also possible to fabricate the base plate without the teeth and afterwards glue standard teeth in the base plate.

#### 8. Temporary bridges.

Temporary bridges are fabricated in the same manner as described previously for the final bridges except that during the data processing 3 no offset of the tooth surface must be calculated and that there is no separation between a supporting structure and teeth. The temporary bridge can be produced in one unity in plastic.

#### 9. Individual spoons and bites.

For an individual spoon the digitalization 1 occurs based on the CT scan 6 of an impression 8 in the patient 2 of a standard spoon, or of a plaster cast 9 of this impression 8.

During the data processing 3 the tooth surface is segmented.

The boundaries of the spoon are indicated. In case of a spoon for fixed prostheses the spoon is limited to the dental arch.

In case of a spoon for a removable prosthesis also the palate is modelled in the spoon.

To give space for the paste that will be used an outward offset or margin of 2 mm is applied to the surface of the teeth.

Retentions and concavities of the prostheses are filled. On the locations of the implants the spoon is opened and a high rim is made.

The production 4 occurs on the previously described way by means of a rapid prototyping technique either directly or by means of a wax intermediate step.

The bites are fabricated in a similar way but the basis is thinner and on the dental arch wax rims are added.

In all these embodiments the new tooth-technical object 5 is accurately fabricated in a fast and automatic way.

The current invention is not at all limited to the previously described and in the figures shown embodiments, but such a procedure for the fabrication of a tooth-technical object can in different variants be realized, without exceeding the scope of the invention.

## Conclusions.

1. Procedure for the fabrication of at least a part of a tooth-technical new object (5) based on information of the patient (2), whereby this information is transferred into digital format, whereupon thereof the object (5) is created computer-aided, therefore characterized that the transfer of the information of the patient (2) in digital format or digitalization (1) at least is done by means of at least one CT scan (6) that is taken of one or more of following elements: a part (7) from the mouth of the patient (2), an original impression (8) or bite of the patient (2) and a thereof derived and thus existing tooth-technical object (9 or 10), whereupon this digital information by data processing (3) is processed to a computer model and the production (4) of the object or a part thereof is done based on this computer model by means of a rapid prototyping technique.
2. Procedure according to conclusion 1, thereby characterized in that as already existing tooth-technical object (9 or 10) of which a CT scan (6) is made, a cast (9) is made or a product (10) like a test set-up that was already made by the dental lab on the basis of such a cast (9) is taken.
3. Procedure according to conclusion 1 or 2, thereby characterized in that the digitalization (1) not exclusively on the basis of at least one CT scan (6) of an impression or a bite (8) or an existing tooth-technical object (9 or 10), but at least also on the basis of a CT scan (11) of the patient (2) is performed.



4. Procedure according to one of the previous conclusions, thereby characterized in that in the data processing (3) digital information from a CAD system or from a library is used, like data about accessories, teeth, tooth stumps and such.
5. Procedure according to one of the previous conclusions, thereby characterized in that in the data processing (3) scan images and eventually CAD data or library data is registered on the basis of image to image, eventually without segmentation of the images, of image to surface or of surface to surface.
6. Procedure according to one of the previous conclusions, thereby characterized in that in the data processing (3) on selected parts digital information is taken away, or digital information from other CT scans or from a library or from a CAD system is added or even digital information is after recognition or identification replaced by more accurate digital information from other CT scans or from a library or from a CAD system.
7. Procedure according to conclusion 6, thereby characterized in that by taking away, adding and/or replacing digital information contact elements are generated that in the new tooth-technical object will make contact with the patient (2) or functional elements are generated like guiding elements or even connection elements are generated that join abovementioned elements to one unity.
8. Procedure according to conclusion 7, thereby characterized in that a superstructure is fabricated and the contact elements that exist from standard cylinders coming from a CAD system or bridges or crowns are fabricated and contact elements connecting to tooth stumps and obtained by selection from digitized information of an impression of the patient (2)
9. Procedure according to one of the previous conclusions, thereby characterized in that in the data processing (3) offset operations are used that digitally take away a part of the information of selected parts of the computer model of the tooth-technical object and during the production (4) on the new object on places corresponding with these selected parts a coating of another material is applied.
10. Procedure according to conclusion 9, thereby characterized in that a superstructure, a bridge, a crown or a temporary bridge is fabricated, whereby during the production (4) after offset of the computer model in the data processing (3) a supporting structure is fabricated whereon with the same thickness as the taken away offset a coating in porcelain is applied.
11. Procedure according to one of the conclusions 1 to 7, thereby characterized in that it is applied for the fabrication of one of the following new tooth-technical objects: a drill guide, an occlusal aligner, a base plate for removable prostheses, an individual spoon and a bite.

12. Procedure according to one of the previous conclusions, thereby characterized in that in the data processing (3) a software articulator is used.
13. Procedure according to one of the previous conclusions, thereby characterized in that during the production (4) the object is fabricated by means of an intermediate product in wax that itself is fabricated by three-dimensional plotting by means of a three-dimensional plotter system.
14. Procedure according to conclusion 13, thereby characterized in that the three-dimensional plotting is performed with at least three jet heads or series of jet heads, whereby one head or series of heads is used to selectively depose soluble supporting material and two other heads or series of heads are used to depose each one component of a two-component material.
15. Procedure according to conclusion 13, thereby characterized in that the three-dimensional plotting is performed by selectively depositing the supporting material by means of one of the heads or series of heads and by squirting a photopolymer by another head or series of heads and make it harden by exposure to light.
16. Procedure according to one of the conclusions 13 to 15, thereby characterized in that during the three-dimensional plotting an additional head or series of heads is used to push grain wise powder particles or fibres.
17. Procedure according to one of the conclusions 1 to 12, thereby characterized in that during the production (4) the so-called ballisticle particle system is used whereby on or more jet heads is positioned with five axes.